

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 6 - 3 3 7 3 2 0

(43) 公開日 平成6年(1994)12月6日

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 6/12

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

M 8106-2 K

A 8106-2 K

審査請求

有

請求項の数 2

F D

(全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平5-148639

(22) 出願日

平成5年(1993)5月27日

(71) 出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72) 発明者 松原 浩司

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術

院電子技術総合研究所内

(72) 発明者 日高 建彦

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術

院電子技術総合研究所内

(72) 発明者 矢嶋 弘義

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術

院電子技術総合研究所内

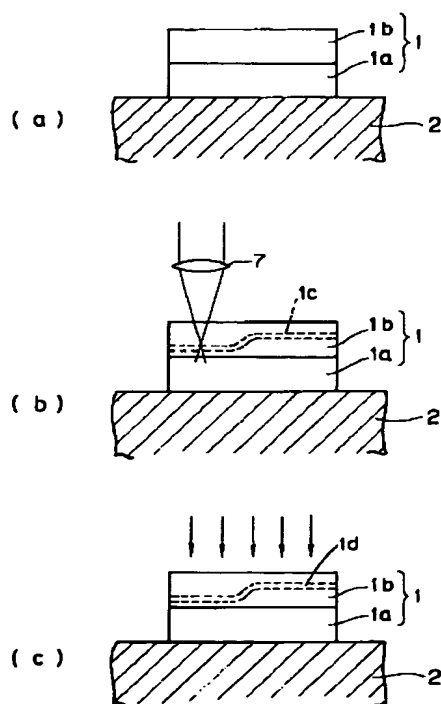
(74) 指定代理人 工業技術院電子技術総合研究所長

(54) 【発明の名称】 光導波路作製法および装置

(57) 【要約】

【目的】 光集積回路の集積度を向上させるために、感光層内に三次元的に光導波路を作製することである。

【構成】 フォトポリマ等の光照射により感光部の屈折率が変化しかつこの感光部を固定化することが可能な感光性材料からなる感光層 1 b を基板 1 a 上に設けた被露光体 1 を X Y Z ステージ 2 上にセットし、レーザ光をレンズ系 7 で集束光にし、この光の焦点位置を感光層 1 b に対して相対的に動かすことにより感光部 1 c を形成し、これを固定化することにより光導波路パターン 1 d を作製する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 露光により感光された感光部の屈折率が変化しかつこの感光部を固定化することができる感光性材料からなる感光層に、光照射手段により集束光を照射して当該集束光の焦点位置の感光性材料のみを感光させて感光部とし、かつ当該集束光の焦点位置と前記感光層との相対位置を三次元的に変化させることにより前記感光部を連続的に形成する工程と、この感光部を固定化することにより光導波路とする工程とを具備することを特徴とする光導波路作製法。

【請求項 2】 露光により感光された感光部の屈折率が変化しかつこの感光部を固定化することができる感光性材料からなる感光層を有する被露光体を保持する被露光体保持手段と、この被露光体保持手段により保持されている被露光体に対して集束光を照射して当該集束光の焦点位置の感光性材料のみを感光させて感光部を形成する光照射手段と、この光照射手段により照射される集束光の焦点位置と前記被露光体との相対位置を三次元的に変化させる相対位置変化手段と、前記感光層内の感光部を固定化する固定化手段とを具備することを特徴とする光導波路作製装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は光導波路の作製法およびこれに用いる装置に関し、特にレンズ等により集束させた光を被露光体に対して三次元的に走査することにより、被露光体の感光層内にチャネル光導波路を三次元的に形成することを可能としたものである。

**【0002】**

【従来の技術】 従来においては、導波路基板上に二次元パターンを描き、不純物の拡散や高屈折率物質の堆積、エッチング等を組み合わせてすることにより、チャネル導波路を作製していた。この従来の方法では、基板表面付近にのみチャネル導波路が形成される。また、埋め込み型の導波路とするためには、基板表面上に作製したチャネル導波路上にさらに、クラッドを形成する低屈折率の物質を堆積させる方法がとられる。

**【0003】**

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上述した従来の作製方法では、導波路は二次元平面内にしか作製することができず、基板内で三次元的に自由に配線することは不可能であった。したがって、従来の導波路作製技術では、このため光導波路素子の集積も二次元平面内でしか行えなかった。

【0004】 光導波路の作製において二次元平面内にチャネル導波路を作製していく限り光集積回路の集積度の向上には限界がある。光導波路素子の集積度を向上させるためには積層構造等の三次元的な集積が必要であり、そのためには二次元平面内だけでなく平面外にも光を導くことができる三次元導波路が必要である。

【0005】 本発明の目的は、このような事情に鑑み、三次元的な光導波路の作製を行うことができる光導波路の作製法および装置を提供することにある。

**【0006】**

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成する本発明は、露光によりその感光された感光部の屈折率が変化しかつこの感光部を固定化することができる感光性材料からなる感光層に、光照射手段により集束光を照射して当該集束光の焦点位置の感光性材料のみを感光させて感光部とし、かつ当該集束光の焦点位置と前記感光層との相対位置を三次元的に変化させることにより前記感光部を連続的に形成する工程と、この感光部を固定化することにより光導波路とする工程とを具備することを特徴とする光導波路作製法にある。

【0007】 また、他の本発明は、露光により感光された感光部の屈折率が変化しかつこの感光部を固定化することができる感光性材料からなる感光層を有する被露光体を保持する被露光体保持手段と、この被露光体保持手段により保持されている被露光体に対して集束光を照射して当該集束光の焦点位置の感光性材料のみを感光させて感光部を形成する光照射手段と、この光照射手段により照射される集束光の焦点位置と前記被露光体との相対位置を三次元的に変化させる相対位置変化手段と、前記感光層内の感光部を固定化する固定化手段とを具備することを特徴とする光導波路作製装置にある。

**【0008】**

【作用】 従来の導波路作製法は、基本的に被露光体表面に導波路パターンを描き、これにそって拡散や堆積を行っていたため、導波路は被露光体表面付近の二次元平面にしか作ることができなかった。本発明では、露光により感光された感光部の屈折率が変化しかつこの感光部を固定化することができる感光性材料からなる感光層を有する被露光体を用い、光導波路パターンの作製に感光層を透過できる光を用いることにより、感光層内部にも光導波路パターンを三次元的に作製することが可能となった。すなわち、光をレンズ系で集束光とするため、焦点の前後では光強度は小さくなるので、感光性材料の屈折率は焦点部分でのみ変化する。

【0009】 本発明では、光導波路を作製するための集束光は感光層材料内を透過でき、光の焦点位置を感光層内の任意の位置（深さ）に設定できる。そのため、感光層中の任意の場所に光導波路を作製することができる。そして、感光層の表面より内部に焦点を合わせ、感光層と光の焦点の位置を相対的に、三次元的に動かすことにより、感光層内に任意の三次元導波路パターンを作製できる。

**【0010】**

【実施例】 以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

【0011】 図 1 は本発明の一実施例としての光導波路

作製装置の構成を示す。図 1 に示すように、露光により感光された感光部の屈折率が変化しかつこの感光部を固定化することができる感光性材料からなる感光層を有する被露光体 1 を保持することができる精密 XYZ ステージ 2 と、この XYZ ステージ 2 上の被露光体 1 に対してレーザ光を集束光として照射する光照射手段とを具備する。光照射手段は、レーザ光源 3 と、このレーザ光源 3 の出射口直後に設けられたシャッタ 4 と、レーザ光源 3 からのレーザ光のビーム径を拡げるビームエキスパンダ 5 と、このビームエキスパンダ 5 により拡げられた光を反射する半透鏡 6 と、この半透鏡 6 により反射された光を集束して被露光体 1 上あるいはその内部に焦点を結ぶ光とするレンズ系 7 とを具備する。また、半透鏡 6 のレンズ系 7 とは反対側には、被露光体 1 の様子を観察するための CCD カメラ 8 が備えられており、この CCD カメラ 8 にはビデオモニター 9 が接続されている。本実施例では、このビデオモニター 9 により位置を確認しながら、被露光体 1 とレンズ系 7 により集束される光の焦点位置との相対位置を、精密 XYZ ステージ 2 により精密に変化させることができる。また、本実施例では、ビデオモニター 9 による観察で位置を確認しながら、感光が必要となるのみレーザ光を照射して被露光体 1 内に三次元的な光導波路を形成するために、XYZ ステージ 2 およびシャッタ 4 を制御する制御用コンピュータ 10 が設けられている。なお、図示は省略しているが、外部の振動等を除去するために、光照射手段や XYZ ステージ 2 は除振台の上に載置されている。また、本実施例では、光導波路パターンの形成の際には自然光を遮断し、光導波路パターンの固定化の際には自然光を取り入れて被露光体 1 全体を露光することができるようになっている。

【0012】かかる装置を用いて三次元光導波路を形成する方法を一例を図 2 を参照しながら説明する。まず、XYZ ステージ 2 に基板 1 a および感光層 1 b からなる被露光体 1 をセットする（工程(a)）。次に、レーザ光源 3 から出たレーザビームをビームエキスパンダ 2 で拡げ、半透鏡 6 で反射した後、このレーザビームをレンズ系 7 で集束して被露光体 1 の感光層 1 b 内の所定の位置に焦点が合うようにする。そして、精密 XYZ ステージ 2 を制御用コンピュータ 10 で制御し、ビームの焦点位置と感光層 1 b との相対位置を所定のパターンにしたがって X、Y、Z の三軸方向に動かす。これにより、感光層 1 b 内に、部分的にかつ連続的に感光された感光部 1 c が形成される。この感光部 1 c は、屈折率が高いポリマの密度が周囲より高くなって硬化されたものであり、これが三次元的な光導波路パターンとなる（工程(b)）。このとき、レーザ光源 3 直後に設置したシャッタ 4 を XYZ ステージ 2 と同期させて動かすことにより、光導波路チャネルとしたいくないところにレーザスポットが当たることを避けるようにする。また、レーザ光の焦点を所定の位置に合わせ、かつ被露光体 1 の位置を、C

CD カメラ 8 およびビデオモニター 9 を使って確認する。最後に、感光層 1 b 全体に自然光を照射して全体を感光し、感光部 1 c を固定化する。ここで、感光部 1 c は相対的に高屈折率のポリマからなり、一方、その周囲は低屈折率のポリマからなり、光導波路 1 d が形成される（工程(c)）。

【0013】被露光体 1 は、上述したように、例えばガラス基板、結晶基板等の基板 1 a 上に感光性材料からなる感光層 1 b を堆積させたものである。ここで感光性材料は、露光により感光された感光部の屈折率が変化しかつこの感光部を固定化することができるものであれば良い。また、感光性材料の感光部の屈折率変化は不可逆的である必要があり、この感光部の固定化の際にも変化しないものである必要がある。

【0014】かかる感光性材料としては、例えば、上述したように、体積型の位相ホログラムが記録できる材料であるフォトリソを用いることができる。フォトリソとしては、例えば、多成分モノマ混合系で、光強度の強い露光により光重合性の高いポリマが選択的に重合して相対的に高屈折率な部分が形成されかつこの高屈折率な部分が保持され、その後の UV 光や自然光の照射または加熱などにより残りのモノマが重合されて相対的に低屈折率な部分が形成され、これにより高屈折率な感光部が固定化されるものを挙げることができる（例えば、光学、第 20 巻第 4 号、227~231 頁；1991 年 4 月参照）。

【0015】また、感光性材料として、ホログラム記録材料である銀塩乳剤や光記憶材料であるアモルファス半導体材料を用いることもできる。

【0016】ここで、銀塩乳剤は、露光、現像および定着で形成された白黒画像のパターンを漂白することにより屈折率変化のパターンに変化できるものである。すなわち、この場合には、露光により屈折率が変化した感光部を形成し、現像、定着および漂白により上記感光部を固定化するものである。したがって、被露光体保持手段、光照射手段および相対位置変化手段は、上述した装置と同様でよいが、固定化手段としては、別途、現像、定着および漂白の各手段を設ける必要がある。

【0017】また、光記憶材料であるアモルファス半導体材料は、相変化や光構造変化などによる屈折率変化により情報の書き込みができる材料であり、特にアモルファスカリコゲナイド（カリコゲナイドガラス）をいう。具体的には、Se-As-Ge、As-S 系等のアモルファス半導体材料で、短波長の光照射により吸収端が長波長側に移動するホットダークニングに伴って屈折率変化を起こすものを挙げることができる。このような材料では、一般的には、屈折率変化した感光部はそのまま保持されるので、特に固定化手段を設ける必要がない。すなわち、このような材料においては、被露光体保持手段、光照射手段および相対位置変化手段として上述した装置

5

と同様なものを用いることができ、これらが同時に固定化手段となる。

【0018】本発明で被露光体を露光する光としては、波長が短いほど焦点を小さく絞ることができるため、光導波路自体の細線化や加工の高精度化という観点から、感光性材料が感度を有し、かつ透明である（吸収が少ない）範囲内で波長が短い光を用いるのが好ましい。具体的には、He-Cdレーザ（325マイクロメートル、441.6マイクロメートル）やアルゴンレーザ（488マイクロメートル）等を使うのが好ましい。しかし、光はレーザである必然性はないので、光源として紫外線ランプ等を用いることもできる。

【0019】レンズ7としては、収差の少ない顕微鏡対物レンズ系を用いる。レーザ光を小さく絞るためには高倍率の対物レンズがよい。また、感光層の屈折率が空気より大きいので、収差が大きくなるので、これを避けるために、水浸または油浸の対物レンズを用いるのが好ましい。

【0020】精密XYZステージ2の移動精度は光導波路の精度を左右する。低損失な光導波路作製のために、分解能0.1マイクロメートル以下の高精度精密ステージが必要である。

【0021】本実施例では、光照射手段により照射される集束光の焦点位置と、被露光体1との三次元的相対位置をXYZステージ2によって変化させるようにしたが、光照射手段自体を移動するようにしても良いし、例

6

えばレンズ系7の合焦位置を変化させかつ同時に光照射手段を光の照射方向と直交する二方向に移動させる装置あるいは被露光体1を同様に二方向に移動させるXYステージを用いるようにしても良い。

【0022】

【発明の効果】本発明によれば従来不可能であった基板の厚み方向および面内方向に自由な経路を持つ三次元導波路の作製が可能となる。

【図面の簡単な説明】

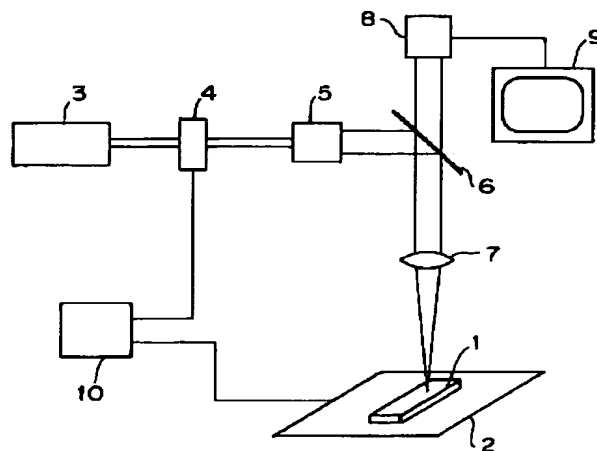
10 【図1】本発明の一実施例に用いる光導波路作製装置の構成図である。

【図2】本発明の一実施例による光導波路作製方法の工程を説明する模式図である。

【符号の説明】

- 1 被感光体
- 1 a 基板
- 1 b 感光層
- 2 精密XYZステージ
- 3 レーザ光源
- 4 シャッター
- 5 ビームエキスパンダ
- 6 半透鏡
- 7 レンズ系
- 8 CCDカメラ
- 9 ビデオモニタ
- 10 制御用コンピュータ

【図1】



【図2】

